

DOSSIER

CIENCIAS DE LA VIDA

ENTRE HUMANOS Y AVES

¿Cómo afectan las actividades turísticas, logísticas y científicas a la salud de los pingüinos Papúa en la Antártida? Un análisis de sangre podría ser la clave para entenderlo.

Carla Di Fonzo y Martín Ansaldo

Los seres humanos dependemos de los ecosistemas marinos para obtener bienes y servicios, pero por su explotación inadecuada, los hemos alterado directa o indirectamente. Investigadores del Centro Nacional de Análisis Ecológicos de la Universidad de California, analizaron 20 ecosistemas marinos localizados en distintos lugares del mundo y encontraron que ninguno estaba libre del impacto humano. También observaron que las áreas de menor impacto constituyen aproximadamente el 3,7% de los océanos y se encuentran en los polos ártico y antártico, donde el hielo estacional o permanente limita el acceso humano. Cabe destacar que en este estudio no se tuvo en cuenta la pesca ilegal, no regulada y no declarada en la Antártida, ni la contaminación atmosférica en el Ártico.

Las aves marinas son componentes importantes de los ecosistemas acuáticos por lo que su condición como centinelas (ver Glosario) de la salud ambiental ha sido bien documentada. Son utilizadas como indicadores para evaluar tanto el efecto de la contaminación, como los cambios en las poblaciones de peces y los efectos de las prácticas de manejo de pesquerías; además de hacer visibles las variaciones en el ecosistema acuático por efecto del cambio climático. En consecuencia, el monitoreo de las poblaciones de

aves marinas, proporciona un registro confiable de las respuestas a la perturbación de los ecosistemas marinos.

Se ha visto que el estado de salud de algunas especies de pingüinos puede reflejar las condiciones oceánicas locales y/o regionales debido a que son altamente especializadas y capturan su alimento mediante la natación y el buceo, habilidad que los hace sobresalir sobre otras especies de aves. Además, poseen un hábito de alimentación muy limitado, particularmente durante la temporada de reproducción. Estas características hacen que su estado metabólico refleje, no solo los cambios en la productividad del océano, sino también aquellas variaciones inducidas por el hombre en el medio ambiente, incluida la presión de la pesca, la variación del clima y la contaminación por xenobióticos (ver Glosario).

En la Antártida, las escasas áreas sin hielo cercanas a la costa son utilizadas por los pingüinos Papúa (ver Figura 1) para asentar sus colonias. Estos mismos espacios también se usan como sitios para el establecimiento de estaciones de investigación científica que, además, suelen ser regularmente visitadas por los turistas. Por tanto, esta cercanía de los asentamientos humanos sobre las colonias podría influir negativamente sobre las poblaciones de los pingüinos en Antártida.

Palabras clave: Antártida, bioquímica sanguínea, biomarcadores de estrés oxidativo, impacto antrópico, pingüinos Papúa.

Carla Di Fonzo¹

Dra. en Ciencias Biológicas
cid@mrecic.gov.ar

Martín Ansaldo¹

Dr. en Ciencias Biológicas
nsd@mrecic.gov.ar

¹Departamento de Ecofisiología y Ecotoxicología, Instituto Antártico Argentino (IAA-DNA, MRECiyC)

Recibido: 01/09/2023. Aceptado: 14/11/2023.



Figura 1. Imagen de pichones y adulto de pingüino Papúa.

Imagen: C. Di Fonzo.

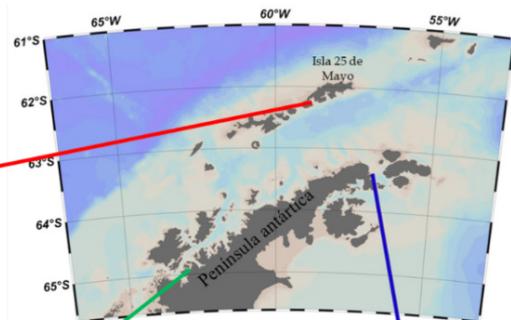
DOSSIER



Colonia Carlini



Colonia Brown



Colonia Esperanza

Figura 2. Ubicación de las colonias estudiadas de pingüinos adultos reproductores Papúa. Se puede observar la ubicación de las bases en el norte de la Península Antártica (mapa), y la cercanía de las colonias de pingüinos a las mismas.

Imagen: C. Di Fonzo.

Los científicos han mostrado gran interés en el uso de marcadores fisiológicos (ver Glosario), entre ellos la bioquímica sanguínea (ver Glosario) y los indicadores de estrés oxidativo (ver Glosario), como indicadores de la salud de las poblaciones animales. La bioquímica sanguínea constituye una de las bases para el diagnóstico y es especialmente importante en aves que, con frecuencia, muestran mínimos signos clínicos de enfermedad. La sangre es esencial para el mantenimiento del equilibrio de electrolitos y del agua, así como para el funcionamiento del sistema inmunológico.

Factores como la actividad física, los cambios en la temperatura ambiente, la disponibilidad del alimento y el estrés por exposición a sustancias que no se encuentran de forma natural en el ambiente, denominadas xenobióticos, pueden generar alteraciones en el balance oxidante/antioxidante generando estrés oxidativo (ver Glosario) que, a su vez, puede repercutir tanto en la longevidad como en la reproducción y en la respuesta inmune de los organismos. Estas características hacen que los marcadores del estado oxidativo y bioquímica sanguínea sean herramientas útiles para evaluar, *a priori*, las perspectivas individuales de reproducción y supervivencia, así como, *a posteriori*, el efecto de las actividades humanas sobre la salud de las especies de interés para la conservación y la vida silvestre en general.

Los pingüinos Papúa, al igual que todos los organismos que habitan en la Antártida, se encuentran expuestos a condiciones ambientales severas -temperaturas extremadamente bajas y elevada irradiación UV-

que pueden exacerbar la producción de oxidantes (ver Glosario) en su medio interno. Como se mencionó anteriormente, a lo largo de la historia las estaciones científicas se establecieron cercanas a las zonas de nidificación. Esto, sumado a las condiciones del ambiente extremo, hace que los pingüinos estén, además, expuestos al impacto antrópico tanto por presencia (turismo y actividad científica / logística en el terreno) como por generación de xenobióticos producto del uso de combustibles, la emisión de humos y la liberación de fármacos al ambiente. Estos factores, también alteran los niveles de los componentes de la bioquímica sanguínea como glucosa, fósforo inorgánico, calcio, triglicéridos, hierro, proteínas plasmáticas, que permiten conocer el estado nutricional y el de salud de los individuos.

Sabiendo que no quedan áreas en los océanos del mundo que no hayan sido afectadas por la actividad humana y que las áreas de relativamente poco impacto humano permanecen cerca de los polos; y que los pingüinos son buenos centinelas de las alteraciones de los ecosistemas marinos, evaluamos la bioquímica y el balance oxidante/antioxidante sanguíneo de los pingüinos Papúa que habitan en tres colonias con distinto grado de impacto antrópico. La información obtenida permite conocer no solo el estado fisiológico de los pingüinos al momento del muestreo y sino que también posibilita su seguimiento a largo plazo.

La incorporación en los modelos ecológicos de los datos obtenidos a partir de dichos monitoreos, puede mejorar las predicciones de las respuestas de los pingüinos a las perturbaciones ambientales naturales o

DOSSIER



Imagen: E. Ruiz Barlett.

A



Imagen: C. Di Fonzo.

B



Imagen: E. Ruiz Barlett.

C

Figura 3. Colonias de pingüinos Papúa reproductores en su nido cercanas a: A. Base Carlini. ZAEP 132, Península Potter, Isla 25 de Mayo; B. Base Esperanza, Bahía Esperanza, Península Antártica, donde se pueden observar las instalaciones de la base y un buque turístico; y C. Base Almirante Brown, Bahía Paraíso, Península Antártica, donde se pueden observar las instalaciones de la Base y la basura histórica acumulada.

de origen antrópico, proporcionando así herramientas útiles para apoyar las decisiones de gestión necesarias para su conservación. Por ello, resulta imprescindible conocer los valores basales de la bioquímica sanguínea y el estado antioxidante que permitan hacer comparaciones entre poblaciones y entre años. De este modo, se podrán evaluar posibles variaciones en la salud de los pingüinos y será posible tomar decisiones acerca de los planes de manejo y protección de dicha especie en las distintas zonas de nidificación en Antártida.

Dónde y cómo se adquirieron las muestras

Trabajamos en tres colonias de pingüinos Papúa durante la campaña antártica de verano 2015-2016, ubicadas cerca de tres bases antárticas argentinas. A las colonias estudiadas las nombramos Carlini, Esperanza y Brown (ver Figura 2), de acuerdo con la base antártica a la que se encuentra asociada. Cercano a la base Carlini ($62^{\circ}14'S$, $58^{\circ}40'O$, Península Potter, Isla 25 de Mayo, Islas Shetland del Sur) (ver Figura 3A) y, dentro de la Zona Antártica Especialmente Protegida (ZAEP N°132), se encuentra una importante colonia de pingüinos Papúa, con una población aproximada de 4.000 parejas. El ingreso a la ZAEP está estrictamente regulado para el único fin de investigaciones científicas, evitando de esta forma que los programas de monitoreo y de investigación a largo plazo puedan resultar alterados por cualquier actividad humana, por ejemplo, destrucción de la vegetación y suelos, perturbación de aves anidando y mamíferos criando. Por esta razón, consideramos a las colonias asentadas en la ZAEP como las menos impactadas por la actividad humana.

En Bahía Esperanza ($63^{\circ}23'S$, $56^{\circ}59'O$, Bahía Esperanza, Península Antártica) (ver Figura 3B), la situación es completamente diferente a la anterior. Al lado de las edificaciones de la base Esperanza, como el taller mecánico y un galpón de depósito, se encuentra parte de una colonia de aproximadamente 500 parejas. Bahía Esperanza no es un área protegida por lo que la visita de turistas está permitida, aunque esta actividad es relativamente baja porque es una zona de difícil acceso para buques turísticos por la permanencia de bloques de hielo. Por ejemplo, en el verano 2015-2016, temporada en que realizamos el muestreo, visitaron la zona 3.226 personas en buques turísticos, de las cuales 1.440 recorrieron la bahía en embarcaciones menores, mientras que 727 descendieron de los botes y visitaron las instalaciones de la base (Fuente: Asociación Internacional de Operadores Turísticos Antárticos). El área de nidificación de los pingüinos está cerca de donde se desarrolla la actividad normal de la base, en la que

DOSSIER

suelen habitar entre 60 y 80 personas según la época del año. Sumado a lo antes señalado, en la zona se encuentran residuos (históricos y actuales), algunos generados en años previos a los compromisos internacionales asumidos por la Argentina en el Sistema del Tratado Antártico, particularmente los del Protocolo de Madrid. Todas estas particularidades hacen que consideremos a esta colonia como la que sufre un impacto antrópico intermedio, aunque crónico.

La tercera colonia, de aproximadamente 200 parejas, es la que se encuentra asentada entre las instalaciones de la base Almirante Brown (64°53'S, 62°52'O, Bahía Paraíso, Península Antártica) (ver Figura 3C). El turismo es muy intenso en esta zona durante la primavera y verano. Por ejemplo, en la temporada en que tomamos las muestras, la base fue visitada por 13.619 personas, de las cuales 2.665 recorrieron Bahía Paraíso en embarcaciones menores, mientras que 8.542 desembarcaron en la zona y 1.556 recorrieron las instalaciones pasando por la zona de nidificación. La base Brown es una estación científica temporaria, que solo se encuentra operativa durante el verano, con una dotación de aproximadamente 12 personas. Esta base sufrió desde su inauguración dos incendios, lo que ocasionó que su utilización y mantenimiento fueran discontinuados a través de los años. Este hecho provocó la acumulación de gran cantidad de residuos que, recién en los últimos años, comenzaron a ser removidos. Por lo antes expuesto consideramos a esta colonia de pingüinos como la que soporta mayor disturbio antrópico.

En cada colonia, con una red tipo copo (ver Figura 4) capturamos 15 pingüinos adultos en etapa repro-



Imagen: C. Di Fonzo.

Figura 4. Red tipo copo con la que capturamos los pingüinos.

ductiva. Los pesamos e inmediatamente después de la captura, extrajimos una muestra de 3 ml de sangre de la vena metatarsiana dorsal de cada ave, para evitar cambios en los parámetros medidos debido a estrés por manipulación. A las muestras de sangre las conservamos en tubos plásticos de 1,5 ml y en frío. Luego las congelamos a -20 °C hasta su análisis en el Laboratorio de Ecofisiología y Ecotoxicología del Instituto Antártico Argentino (ubicado en Buenos Aires).

Tabla 1. Valores de bioquímica sanguínea de adultos de pingüinos Papúa que anidan en cercanías de las bases Carlini, Esperanza y Brown. Concentración de: triglicéridos (g/L), glucosa (mg/dL), ácido úrico (mg/dL), calcio (mg/dL), fósforo inorgánico (mg/dL), fructosamina (mmol/L) y proteínas plasmáticas totales (mg/mL). E.E.: error estándar.

	CARLINI		ESPERANZA		BROWN	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Triglicéridos	0,16	0,03	0,71	0,05	0,34	0,05
Glucosa	96,71	10,11	123,53	3,94	133,45	9,19
Ácido Úrico	3,82	0,45	9,13	0,92	5,23	0,82
Calcio	4,46	0,57	19,15	0,99	8,01	1,18
Fósforo inorgánico	3,73	0,4	4,7	0,37	4,64	0,74
Fructosamina	2,36	0,31	1,97	0,28	1,72	0,27
Proteínas plasma	31,7	3,64	62,53	2,21	51,84	6,48

DOSSIER

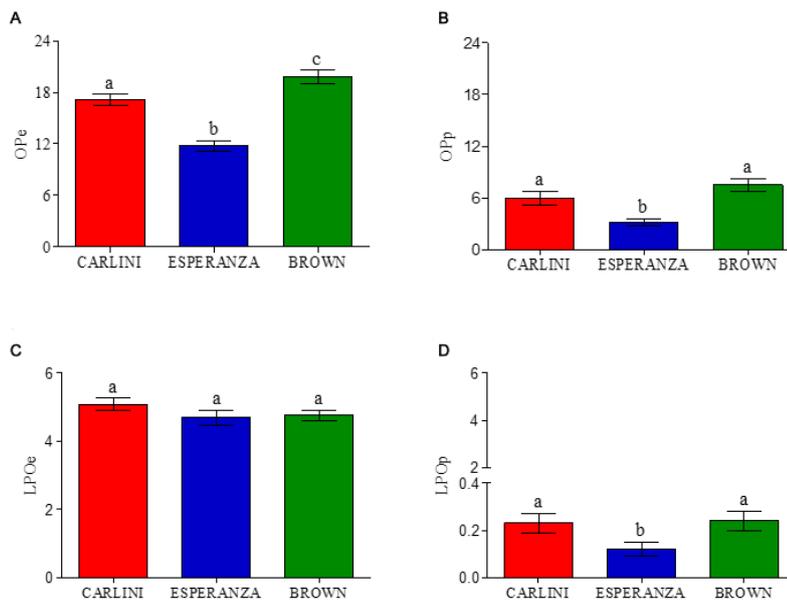


Figura 5. Daño oxidativo de proteínas (OP) y lípidos (LPO) sanguíneos de adultos de Papúa que anidan en cercanías de las bases Carlini, Esperanza y Brown. A). OPe: Oxidación de proteínas eritrocitarias. B). OPp: Oxidación de proteínas plasmáticas. C). LPOe: Oxidación de lípidos eritrocitarios. D). LPOp: Oxidación de lípidos plasmáticos. Los valores están expresados como media \pm error estándar. Distintas letras indican diferencias estadísticas.

Para evaluar la bioquímica sanguínea medimos los niveles de glucosa, fósforo inorgánico, calcio, triglicéridos, hierro, proteínas plasmáticas, fructosamina y ácido úrico. Además, para estudiar el balance oxidante/antioxidante medimos la actividad de enzimas antioxidantes (CAT y GST), niveles de antioxidantes no enzimáticos (GSH y ácido úrico) y la oxidación de lípidos (LPO) y proteínas (OP), ambos indicadores de daño oxidativo.

¿Qué nos dicen los datos obtenidos?

Los pesos promedio de los pingüinos fueron similares para las tres colonias, aunque levemente menores en Brown. Estos fueron: Carlini: $4,96 \pm 0,07$ Kg, Esperanza: $4,98$

$\pm 0,13$ Kg y Brown: $4,61 \pm 0,16$ Kg (media \pm error estándar).

En la Tabla 1 presentamos valores de los parámetros de bioquímica sanguínea medidos en los adultos de Papúa de cada base. Estos mostraron en su mayoría, diferencias entre los individuos de las tres bases, salvo para fósforo inorgánico y fructosamina que fueron similares en las 3 zonas. Los valores de triglicéridos, glucosa, calcio y proteínas totales resultaron menores en los pingüinos de Carlini, mientras que el nivel de ácido úrico registrado en los pingüinos de Esperanza fue el más alto.

En cuanto al balance oxidante/antioxidante, la colonia ubicada en cercanías de la base Esperanza fue la que presentó valores menores de daño oxidativo

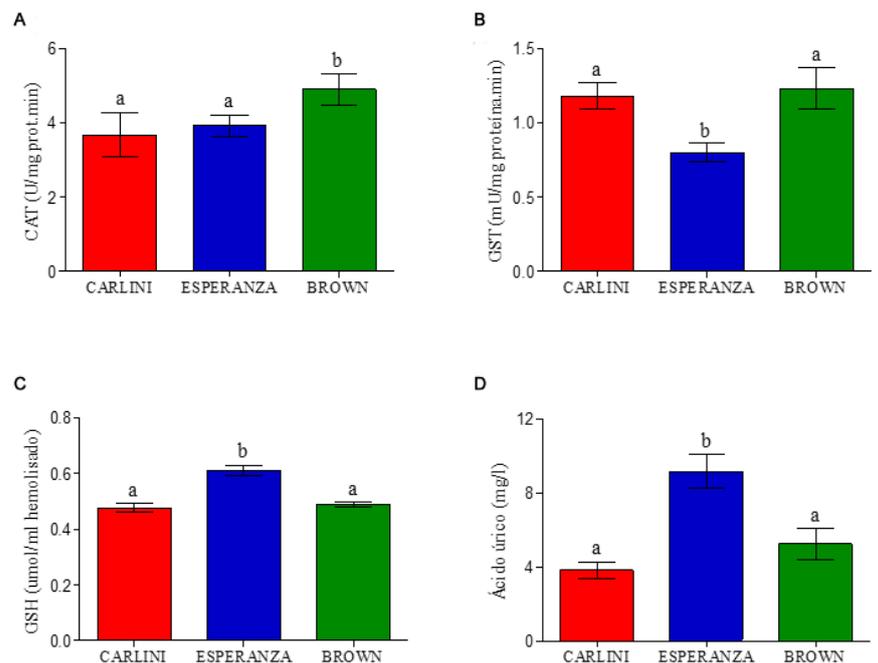


Figura 6. Estado antioxidante sanguíneo de adultos de Papúa que anidan en cercanías de las bases Carlini, Esperanza y Brown. CAT: Catalasa (A), GST: Glutacion s-transferasa (B) y niveles de GSH: Glutacion reducido (C) y de AU: Ácido úrico (D). Los valores están expresados como media \pm error estándar. Distintas letras indican diferencias estadísticas.

DOSSIER

tanto en proteínas como lípidos (ver Figura 5). La actividad de catalasa (CAT) fue mayor en los pingüinos de Brown (ver figura 6A). Además, los pingüinos de Carlini y Brown presentaron mayor actividad enzimática antioxidante (ver Figura 6B) y menores niveles de antioxidantes no enzimáticos (ver Figuras 6C y 6D).

Los valores de la bioquímica sanguínea registrados en el presente trabajo, estuvieron dentro del rango reportado por otros investigadores para pingüinos de la misma especie. Las diferencias observadas, principalmente en los niveles de triglicéridos, podrían estar relacionadas con la dieta, en especial con la relación en el porcentaje de kril y peces que consumen los pingüinos de cada zona. Los pingüinos Papúa son considerados oportunistas y se alimentan de especies que se encuentran temporal y espacialmente en parches. Entre sus presas principales se encuentran crustáceos, peces y calamares, variando la composición relativa de la dieta de acuerdo a la localización de la colonia y a la etapa del ciclo reproductivo. Las colonias estudiadas se alimentan en distintas proporciones de las presas mencionadas según la zona.

El consumo de kril en la colonia Carlini constituye aproximadamente el 100% de la dieta, en Brown el 90% y en Esperanza entre el 30% y el 50%, considerando la frecuencia de ocurrencia y peso del contenido estomacal. En los dos últimos casos la dieta se completa con peces. La energía aportada por el kril o los peces, es similar, pero no el porcentaje de triglicéridos, que resulta ser mayor en los peces.

Los valores de glucosa, estuvieron por debajo de los informados por otros investigadores para pingüinos de la misma especie. Llamamos la atención los valores particularmente bajos en los pingüinos Papúa de la colonia Carlini. Bajos niveles de glucosa podrían presentarse por malnutrición, ayuno, una enfermedad hepática o una sistémica. A su vez, en dicha colonia, observamos los niveles más bajos de proteínas totales en comparación con las otras dos colonias, valores que además se encuentran por debajo de los informados anteriormente para la misma especie. Usualmente, los niveles de proteínas totales son utilizados para evaluar el estado general, y en particular, el estado nutricional de las aves. Bajos niveles de dicho parámetro indicarían malnutrición, mala absorción de nutrientes y estrés, entre otras afecciones.

Debido a la sobre explotación de la pesca comercial de fines de los 70 y principios de los 80, se registró una considerable reducción de las poblaciones de las especies de peces endémicas en la zona de la base Carlini. A pesar de que con el tiempo la mayoría de las

poblaciones de peces fueron recuperándose, algunas especies no volvieron a sus valores originales. Éstas, como era de esperar, prácticamente no se encuentran entre las presas de los pingüinos Papúa de Carlini. En cambio, en Bahía Esperanza, las mismas especies están presentes correspondiendo al 48% del peso del contenido estomacal. Esta composición distinta de la dieta justificaría en primer lugar, la diferencia observada en la bioquímica sanguínea de las diferentes colonias en el presente trabajo. Además, debido a que desde los años 70, la población de kril ha disminuido como resultado del desarrollo de la pesca comercial ya mencionada y por el impacto del cambio climático. La menor disponibilidad de la principal especie-presa para el pingüino Papúa, conllevaría a un aumento del esfuerzo de forrajeo, seguido del aumento de desgaste físico con el consecuente desequilibrio en el estado oxidativo.

Aunque los niveles bajos de triglicéridos, glucosa, calcio y proteínas totales indicarían que los pingüinos Papúa de la colonia Carlini no estaban en un buen estado de salud, el peso y otras variables no varían en relación a los pingüinos de las otras colonias. Por lo tanto, afirmar que estos se encontraban en un estado de malnutrición o con alguna enfermedad en particular, sería apresurado, pues habría que testear posibles patologías además de hacer hincapié en la disponibilidad de las presas que componen su dieta y en cómo la alteración de su disponibilidad pueda seguir afectándolos.

Existe una larga lista de factores generados por impacto antrópico que pueden afectar de manera directa o indirecta el estado oxidativo/antioxidante de los animales expuestos. Entre ellos se puede mencionar: la presencia humana *per se*, el turismo, la contaminación lumínica y sonora, los humos, los pesticidas, los metales, la radiación, el calentamiento del aire, la sequía, las variaciones en la disponibilidad de alimentos y las enfermedades emergentes. Varios de estos factores pueden estar actuando a la vez sobre el metabolismo de los pingüinos, por lo que resulta complejo determinar cuál de todos ellos es el de mayor relevancia en este estudio y se deben asociar las alteraciones encontradas en el balance oxidante/antioxidante sanguíneo.

Los pingüinos Papúa de la colonia Esperanza mostraron los niveles de menor daño oxidativo. Además, exhibieron baja actividad enzimática antioxidante de GST (enzima que está directamente relacionada con la detoxificación de xenobióticos). En cambio, las colonias de Carlini y Brown son las que presentaron mayores valores de daño oxidativo. Los niveles altos de

DOSSIER



Figura 7. Ubicación de las zonas de muestreo cercanas a base Carlini (ZAEP 132). Los puntos rojos indican bases antárticas temporales y permanentes de distintos países. Imagen realizada con Quantarctica 3 (Quantum GIS [Since 2.0 just QGIS] + Antarctica = "Quantarctica") (Norwegian Polar Institute, 2018).

oxidación de lípidos y proteínas, junto a la actividad antioxidante de GST también elevada, llevarían a pensar que estas últimas son las colonias más perturbadas. Los pingüinos de la población de Brown, viven y se alimentan en zonas disturbadas, tanto por la actividad de la base científica como por el desembarco constante y el aumento de turistas. No esperábamos que fuese así en el caso de la colonia de Carlini, porque desde un comienzo la consideramos como la de menor perturbación humana. Pero las zonas de buceo y forrajeo de los pingüinos dentro de la Bahía de la Guardia Nacional, cercana a la base Carlini, estarían recibiendo el impacto de varias bases científicas de otros países que se han instalado en la zona (ver Figura 7), con su logística y episodios accidentales de contaminación asociados como, por ejemplo, derrames ocasionales de combustible.

Los antioxidantes no enzimáticos mostraron ser los actores principales en las defensas antioxidantes sanguíneas de los pingüinos Papúa, ya que presentaron mayores niveles en la colonia Esperanza y, a su vez, menores niveles de oxidación de lípidos y proteínas. Estos resultados nos hacen suponer que, tanto el GSH como el ácido úrico, estarían colaborando en la atenuación del daño oxidativo.

El efecto de actividad humana directa que reciben las colonias está reflejado en el aumento de la actividad enzimática antioxidante de CAT, que fue el

más alto en la colonia de pingüinos de Brown. La enzima (ver glosario) CAT, actúa en la primera barrera de defensa antioxidante. En estudios hechos con aves marinas del Ártico, se observó que distintos contaminantes se relacionaban positivamente con las respuestas de enzimas antioxidantes como CAT y la capacidad antioxidante total. Esta situación podría ser similar a lo que está ocurriendo en la colonia de pingüinos de la base Brown, aunque para corroborarlo, deberían realizarse mediciones de los contaminantes en la zona.

Como conclusión y a partir de los resultados presentados, es evidente que a nivel fisiológico los pingüinos están experimentando alteraciones que podrían tener consecuencias a largo plazo. Si bien es difícil determinar impactos directos que afectan a las poblaciones de pingüinos, sus exámenes de sangre evidencian señales de stress que deben seguir siendo evaluados de forma multidisciplinar. En última instancia, es crucial entender las respuestas fisiológicas de los organismos ante los estresores ambientales para predecir cómo podrían responder a entornos en constante cambio.

Agradecimientos

A la Srta. Marta Sierra y al Lic. Matías Belinco por sus valiosas sugerencias y comentarios.

DOSSIER

Glosario

Bioquímica sanguínea: análisis de una muestra de sangre para medir la cantidad de ciertas sustancias como sodio, potasio y cloruro, grasas, proteínas, azúcar y enzimas.

Centinelas: organismos en los que cambios sobre algunas características conocidas pueden ser medidas para evaluar el grado de perturbación ambiental.

Enzima: proteína que actúa como acelerador de reacciones químicas del metabolismo.

Estrés oxidativo: desequilibrio entre la producción de daño y la capacidad de un organismo de repararlo mediante los antioxidantes.

Marcadores fisiológicos: característica del metabolismo definida, medible y cuantificable que sirve como indicador de un estado de procesos biológicos normales, procesos patógenos o respuestas a una exposición o intervención.

Oxidante: compuesto químico que daña a biomoléculas como los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, provocando el daño oxidativo.

Escanear el código QR para poder leer la bibliografía de respaldo de este artículo:



Resumen

Durante las últimas décadas, las actividades humanas han aumentado en la Antártida, principalmente debido a operaciones logísticas y turísticas, con un impacto negativo en las poblaciones de pingüinos, afectando sus respuestas fisiológicas. Desarrollamos, entonces, el presente proyecto para evaluar el estado sanitario de los pingüinos Papúa (*Pygoscelis papua*) analizando la bioquímica sanguínea y el equilibrio entre los compuestos oxidantes y antioxidantes presentes en su sangre. Para este estudio seleccionamos tres colonias según la intensidad del impacto humano a la que están expuestas: Península Potter (bajo); Bahía Esperanza (intermedio) y Bahía Paraíso (alto).

Para ampliar este tema

- Barbosa, A. (2011). Efectos del cambio climático sobre pingüinos antárticos. *Ecosistemas* 20 (1): 33-41.
- Di Fonzo, C. I. (2019). Determinación de parámetros sanguíneos en tres especies de pingüinos antárticos. Su utilidad para definir el estado fisiológico natural (Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Di Fonzo, C. I. (2021). Seminario virtual: Fisiología: la forma de conocer la salud de los pingüinos. [[Disponible en Internet](#)]
- García Borboroglu, P. y Dee Boersma, P. (2015) *Pingüinos, historia Natural y conservación*. Capítulo 2. Buenos Aires: Vazquez Manzini Editores.
- McClintock, J., Ducklow, H. y Fraser, W. (2008). Ecological responses to climate change on the Antarctic Peninsula. *American Scientist* 96: 302-310.